

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 40 17 850 C 1

98 A.10 6 2  
51 Int. Cl. 5:  
B 23 K 26/04  
A 61 B 17/36  
G 01 J 3/50

21 Aktenzeichen: P 40 17 850.1-34  
22 Anmeldetag: 2. 8. 90  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 6. 8. 91

4

DE 40 17 850 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8012  
Ottobrunn, DE

72 Erfinder:

Möller, Werner, Dr., 7900 Ulm, DE; Knödler, Dieter,  
7321 Eschenbach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 28 29 516 A1

54 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Strahlungsdosis von Laserstrahlung

Zur Regelung der Strahlungsdosis von Laserstrahlung,  
welche auf ein zu bearbeitendes Material gerichtet ist, wird  
die von dem Material remittierte Strahlung erfaßt und zur  
Steuerung des Lasers mittels der remittierten Strahlung eine  
Farbwertdifferenzmessung vorgenommen.

DE 40 17 850 C 1

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Strahlungsdosis von Laserstrahlung, welche auf ein zu bearbeitendes Material gerichtet ist, wobei die von dem Material remittierte Strahlung erfaßt und zur Steuerung des Lasers ausgewertet wird sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Bei der Bestrahlung mit leistungsstarken Lasern im UV-Licht, z. B. mittels Excimer-Lasern oder im nahen Infrarot, z. B. mittels Nd:YAG-Laser oder im fernen Infrarot, z. B. mittels CO<sub>2</sub>-Lasern verändern viele Materialien, z. B. nicht lichtechte Pigmente, Kunststoffe oder organisches Gewebe, ihre Farbe. Diese Farbänderung, die zum Teil unerwünscht ist, ist ein Kennzeichen für Materialveränderungen. Dies wurde beispielsweise in der Laserchirurgie frühzeitig erkannt und die behandelnden Ärzte konnten nach Einschätzung der Farbveränderung Rückschlüsse auf die Strahlungsdosis des Lasers und somit auf die Wirkung im Gewebe ziehen.

Zur Vermeidung von Gewebeschäden über das gewünschte Maß hinaus ist beispielsweise aus der DE 28 29 516 A1 ein Verfahren zur automatischen Erkennung thermischer Einwirkungen von Laserstrahlen im biologischen Gewebe bekannt, bei dem entweder die Änderung der thermischen Rückstrahlung aus dem laserbestrahlten Gewebe mit einem Detektor registriert und in einer Auswertelektronik in Temperaturwerte umgesetzt werden oder Änderungen des rückgestreuten Laserlichtes aus dem bestrahlten Gewebe im Zentrum der Auftrefffläche des Laserstrahls im Verhältnis zur Rückstreuung aus Flächenbereichen außerhalb der Auftreffstelle gemessen, registriert und ausgewertet werden. Bei Überschreiten vorgegebener Schwellwerte wird der Laser automatisch abgeschaltet.

Die Messung der Änderungen des rückgestreuten Laserlichtes im thermischen Spektralbereich setzt jedoch bereits erhebliche Veränderungen des Materials voraus, wohingegen im optischen Spektralbereich die Farbverschiebungen stark vom jeweiligen Material sowie dem Spektralbereich des Lasers abhängig sind, so daß eine eindeutige Aussage über die Strahlungsdosis insbesondere bei niedrigen Dosiswerten nicht immer möglich ist. Auch die Messung der emittierten Laserleistung liefert nicht immer exakte Werte für den erzielten Effekt im Material, da sich das Absorptionsverhalten vieler Materialien mit zunehmender Laserbestrahlung ändert. Vor allem ist die für medizinische Anwendungen erwünschte Strahlführung des reflektierten IR-Laserlichtes bzw. der Wärmestrahlung über Endoskope bzw. verfügbaren Lichtwellenleiter wegen der hohen optischen Verluste sehr schwierig.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur Regelung der Strahlungsdosis von Laserstrahlung zu schaffen, welche für solche, mit der Laserstrahlung zu bearbeitende Materialien geeignet ist, die charakteristische Farbänderungen bei Erreichen einer bestimmten absorbierten Strahlungsdosis aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch ein nach den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildetes Verfahren bzw. durch eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 5 gelöst.

Die Erfindung macht sich die Kriterien der Farbmetrik zunutze, wonach sich jeder Farbton durch drei Koordinaten darstellen läßt, die seinem Rot-, Grün- und Blauanteil entsprechen, bildet man aus diesen Koordinaten die sog. Farbwertanteile, so bleiben schließlich nur

zwei unabhängige Größen übrig, so daß durch eine Messung dieser zwei Größen der genaue Farbort der gesuchten Farbe innerhalb des sog. Farbdreiecks bestimmt werden kann. Damit sind dann auch Farbortverschiebungen, also Farbdifferenzen meßtechnisch erfassbar.

So lassen sich z. B. Hautpigmente annähernd durch die Rot- und Grünfarbwertanteile bzw. durch Signale von Fotodioden, die in diesen Spektralbereichen empfangen können, farbmetrisch bestimmen. Zur Farbwertmessung ist eine Beleuchtungsquelle mit bekannter spektraler Zusammensetzung erforderlich. Üblicherweise werden hierzu Wolfram-Norm-Glühlampen mit einer Temperatur von 2850 K verwendet. Da im UV bzw. IR strahlende Laser in der Regel eine sog. Pilotlichtquelle im Sichtbaren verwenden, z. B. HeNe-Pilotlaser bei 632 nm (rot), bietet sich zur Beleuchtung auch zusätzlich eine im Grünen strahlende Lichtquelle an, die beispielsweise bei einem Nd:YAG-Laser durch Frequenzverdoppelung eines Teils der Arbeitsstrahlung erzielt wird. In einer derartigen monochromatischen Beleuchtung im Roten und Grünen, lassen sich dann ebenfalls Farbwertdifferenzen ausreichend genau ermitteln. Eine Zuschaltung von Argonlaserstrahlung (blau) erlaubt eine farbmetrisch exakte Farbdifferenzwertbestimmung.

Die Methode der Farbwertdifferenzmessung hat beispielsweise gegenüber bekannten Infrarottemperaturmeßverfahren den Vorteil einer relativ kurzen Ansprechzeit, vor allem bei geringen Strahlungsdosen und entsprechend niedrigen Temperaturen; außerdem können bei Lasern, die im sichtbaren bzw. nahen Infrarot arbeiten, die gleichen Lichtleitersysteme auch für die Farbwertdifferenzmessung verwendet werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Figur teilweise schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben:

Die Strahlung eines als Arbeitslaser vorgesehenen Nd:YAG-Lasers mit einer Wellenlänge von 1064 nm wird zusammen mit der roten Strahlung eines Helium-Neon-Pilotlasers 2 (Wellenlänge = 632 nm) und der durch Frequenzverdopplung (3) aus der Strahlung des Nd:YAG-Lasers erzeugten grünen Strahlung mit einer Wellenlänge von 532 nm in eine Lichtleitfaser 4 eingekoppelt. Das Ende der Lichtleitfaser 4 wird auf das zu bearbeitende Material 5 gerichtet, wobei die austretende rote und grüne Strahlung als Beleuchtung und die Strahlung des Nd:YAG-Lasers als Arbeitsstrahlung dient. Die von dem zu bearbeitenden Material 5 reflektierte, in der Figur gestrichelt dargestellte Strahlung wird über parallel zur Lichtleitfaser 4 geführte Lichtleitfasern 6 bzw. 7 empfangen und über frequenzselektive Spiegel 8 und 9 Fotodioden 10 und 11 zugeführt derart, daß über den Spiegel 8 ausschließlich ein Ausschnitt aus dem roten Spektralbereich auf den Detektor 10 gelangt und über den Spiegel 9 ausschließlich ein Ausschnitt aus dem grünen Spektralbereich auf den Detektor 11 trifft. Die Detektorsignale werden in Verstärkern 12 bzw. 13 verstärkt und einem Rechner 14 zugeführt. Der Rechner 14 steuert zum einen über eine Steuereinrichtung 15 den Arbeitslaser 1 bezüglich seiner Intensität und/oder Strahlungsdauer und regelt zum anderen über Steuereinrichtungen 16 und 17 die Beleuchtungseinrichtungen 2 und 3 auf konstante Strahlungsleistung.

Die Farbwertbestimmung und damit die Steuerung des Lasers 1 geschieht dabei auf folgende Weise: Zu Beginn einer Messung wird zum einen der zu Beleuchtungszwecken vorgesehene Pilotlaser 2 als auch

der Nd:YAG-Laser 1 mit einer geringen Strahlungsleistung, die nach Frequenzverdopplung ebenfalls nur zu Beleuchtungszwecken vorgesehen ist, in Betrieb genommen. Der Rechner 14 führt dann aufgrund der empfangenen Detektorsignale eine Farbwertmessung aus der reflektierten Strahlung durch und speichert die Koordinaten des entsprechenden Farbortes. Eine Meßeinrichtung zur Farbwertmessung ist beispielsweise aus dem Prospekt zum "Farberkennungsgerät FEG" der Firma "eltrotec" bekannt und kann prinzipiell in die dargestellte Einrichtung integriert sein. Nach Festlegung des Farbortes des unbehandelten Materials 5 wird dann der Arbeitslaser 1 auf die für die Behandlung vorgesehene Strahlungsleistung hochgeregelt und über den Rechner 14 ständig die Veränderung des Farbortes gemessen. Bei einer vorgegebenen Farbortverschiebung (Farbwertdifferenz) wird der Arbeitslaser 1 wieder abgeschaltet. Sämtliche für die Strahlungsdosis relevanten Werte werden zusätzlich auf einem mit dem Rechner verbundenen Drucker 18 ausgedruckt.

Die Strahlungsführung sowohl des Arbeitslasers als auch der Beleuchtungseinrichtungen läßt sich vielfach variieren und kann dem jeweiligen Zwecke angepaßt sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Strahlungsdosis von Laserstrahlung, welche auf ein zu bearbeitendes Material gerichtet ist, wobei die von dem Material remittierte Strahlung erfaßt und zur Steuerung des Lasers ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der remittierten Strahlung eine Farbwertdifferenzmessung vorgenommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zu bearbeitende Material mit einer breitbandigen Lichtquelle beleuchtet und die Differenz der Farbwertanteile der von dem Material remittierten Strahlung mindestens zweier der Farben rot, grün oder blau zumindest vor und nach der Laserbestrahlung bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zu bearbeitende Material mit Licht aus mindestens zwei schmalbandigen Spektralbereichen beleuchtet und die Differenz der Farbwertanteile der von dem Material remittierten Strahlung zumindest vor und nach der Laserbestrahlung bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Farbwertdifferenzmessung unter Abwesenheit der bearbeitenden Laserstrahlung erfolgt.
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen Laser (1), dessen Strahlung auf ein Material (5) zum Zwecke des Schneidens, Schweißens oder Koagulierens richtbar ist, eine Beleuchtungseinrichtung (2, 3), deren Strahlung auf den von dem Laser bearbeiteten Bereich des Materials (5) gerichtet ist, derart, daß die von diesem remittierte Strahlung mindestens zwei unterschiedliche Spektralbereiche aufweist, eine Farbwertdifferenz-Meßeinrichtung (10, 11, 12, 13, 14), die auf mindestens zwei von dem Material (5) remittierten Spektralbereiche eingestellt ist und eine Steuereinrichtung (15), die die auf den jeweils bearbeiteten Bereich des Materials auftreffende

Strahlungsdosis des Lasers (1) auf einen vorgebbaren Wert begrenzt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (1) ein Nd:YAG-cw-Laser ist, in dessen Strahlengang zur Erzeugung einer Beleuchtungsstrahlung ein HeNe-Pilotlaser (2) sowie ein Frequenzverdoppler (3) für die Strahlung des Nd:YAG-cw-Lasers eingekoppelt wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die bearbeitende Laserstrahlung und die Beleuchtungsstrahlung in getrennten, zu einem Lichtleitfaserbündel zusammengefaßten Lichtleitfasern (4, 6, 7) geführt ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die von dem Material remittierte Strahlung durch mindestens eine Lichtleitfaser zur Farbwertdifferenz-Meßeinrichtung geführt ist.

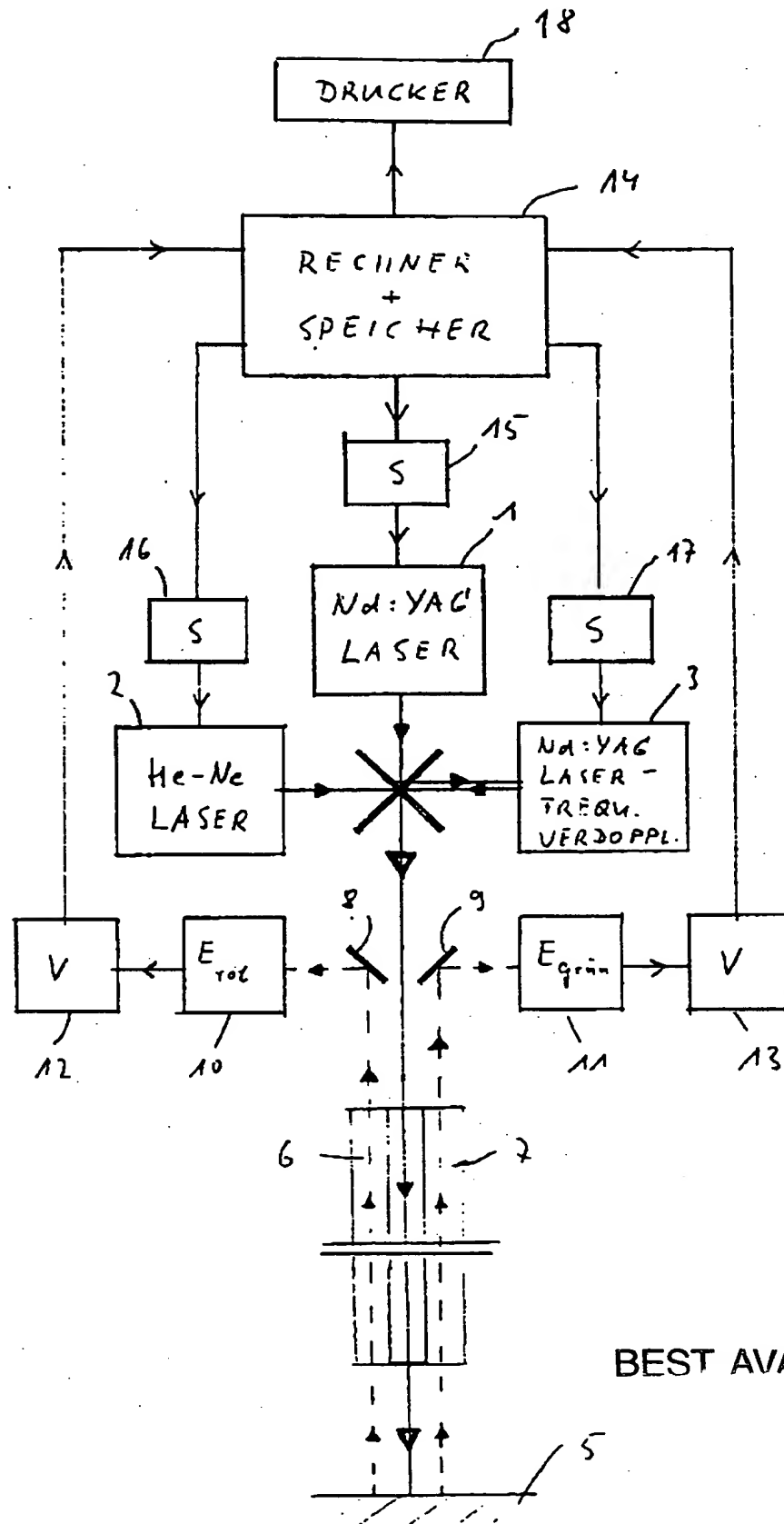
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser- und die emittierte sowie remittierte Beleuchtungsstrahlung durch denselben Lichtleiter geführt wird und die remittierte Strahlung über einen Strahlteiler und ein Linienfilter der Farbwertdifferenz-Meßeinrichtung zugeführt wird.

10. Verwendung des Verfahrens oder der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 zum Schneiden und/oder Koagulieren von biologischem Gewebe.

11. Verwendung des Verfahrens oder der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-9 zur Bestimmung chemischer oder thermischer Farbreaktionen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY